TEORIJA SAOBRAĆAJNOG TOKA

IX P 2013

Empirijski modeli zavisnosti protoka od gustine

Prof. dr Vladan Tubić

Empirijski modeli zavisnosti q - g

- Kriva "tok-gustina" je pogodna za traženje odgovora u vezi odnosa "brzina-tok" pri maloj gustini, kao i na pitanje zakonomernosti raspodele intervala sleđenja pri velikoj gustini
- Pored toga, krive "tok-gustina" služe kao osnove modela za upravljanje saobraćajem

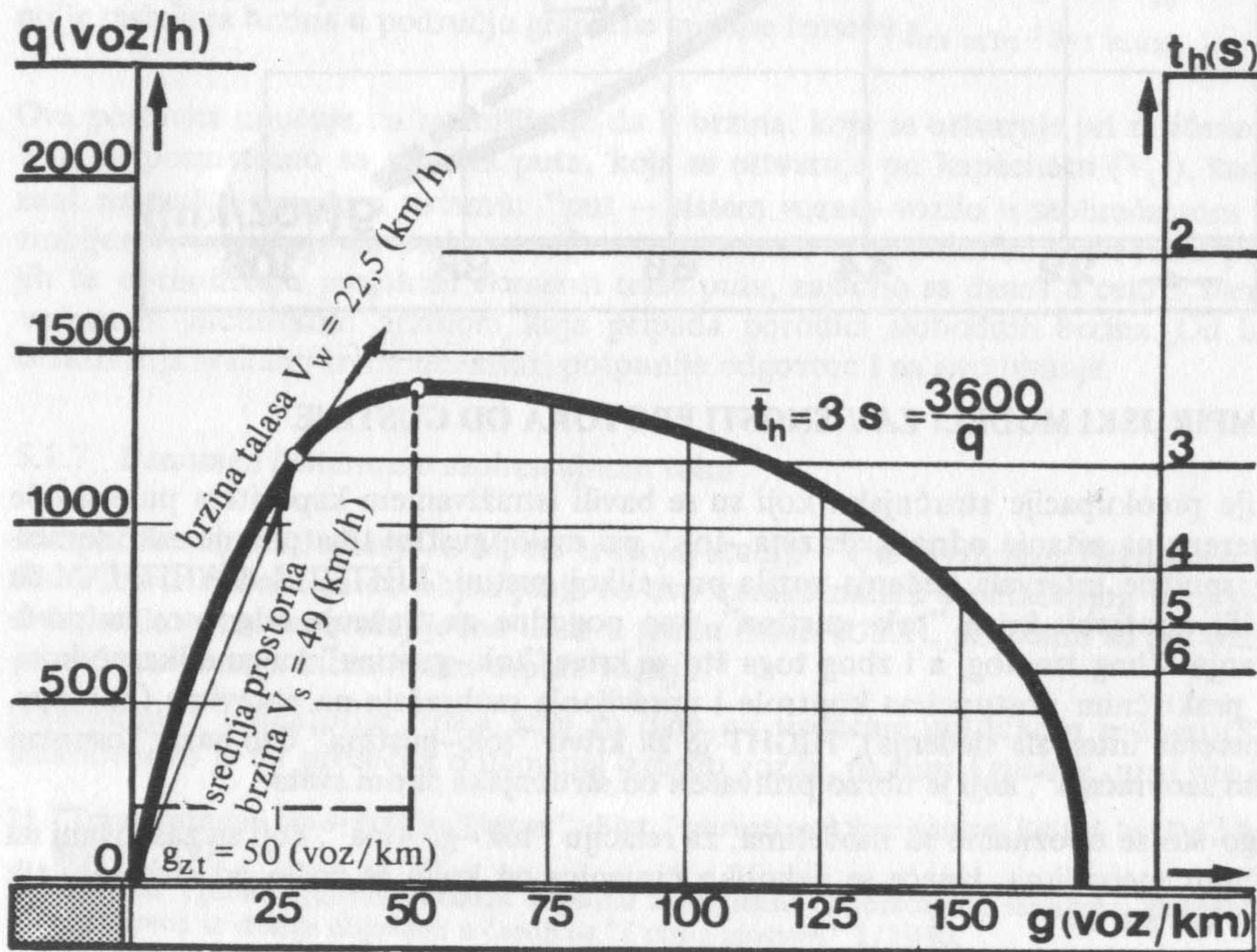
Granični preduslovi za formiranje modela:

✓ Nema gustine → nema ni protoka → kriva mora da prođe kroz koordinatni početak

✓ Moguće je da postoji velika gustina, a da je protok ravan nuli

✓ Postoji jedna ili više tačaka maksimalnog protoka

✓ Kriva tok-gustina, pri realnim uslovima, ne mora da bude kontinualna na delu između g=0 i g=maxg


q (voz/h)
2000
1500
1000
500
0
brzina talasa V_w = 22,5 (km/h)
srednja prostorna brzina V_s = 49 (km/h)
g_{zt} = 50 (voz/km)
$\bar{t}_h = 3\ s = \frac{3600}{q}$
t_h(s)
2
3
4
5
6
25
50
75
100
125
150
g (voz/km)

Parabolični model "tok-gustina"

Ovaj model se dobija na osnovu linearnog modela "brzina-gustina":

$$V_s = V_{sl}\,(1 - g/\max g)$$

Pošto je $q = V_s\, g$, sledi da je: $q = g\, V_{sl}\,(1 - g/\max g)$

Sa druge strane : $V_s = V_{sl}\,(1 - (1/\max g)(q/V_s))$,

odakle se dobija **q** u zavisnosti od V_s:

$$q = \max g \cdot V_s - (\max g / V_{sl}) \cdot V_s^2$$

Karakteristične vrednosti osnovnih parametara saobraćajnog toka:

$g_{opt} = g_{zt} = g_c$

$V_{s\ opt} = V_{zt} = V_c$ $\max q = q_{zt} = c$

Da bi se utvrdilo $\mathbf{g_{zt}}$,

diferenciramo izraz $q=g\ V_{sl}\ (1- g/\max g)$ po **g**,

dobijeni izraz tj. dq/dg=0.

Tada se dobija:

$V_{sl} – (2V_{sl}/\max g) \cdot g = 0$ → $\mathbf{g_{zt} = ½ \cdot \max g}$

→ <u>Optimalna gustina jednaka je polovini maksimalne gustine.</u>

Da bi se dobila $\mathbf{V_{zt}}$,

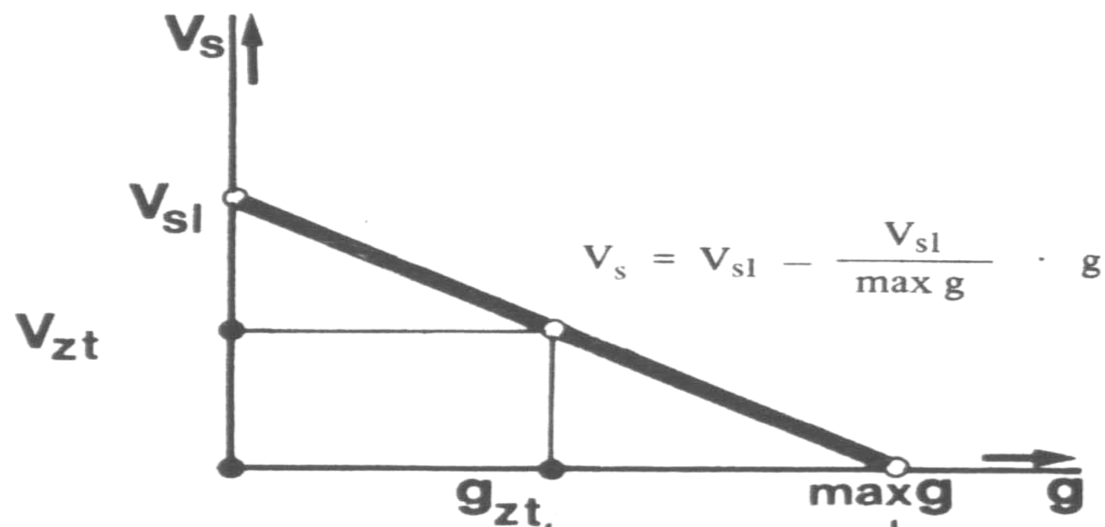
diferenciramo izraz $q = \max g \cdot V_s – (\max g/ V_{sl})\cdot V_s^2$ po $\mathbf{V_s}$

i dobijeni izraz, tj. $dq/dV_s=0$.

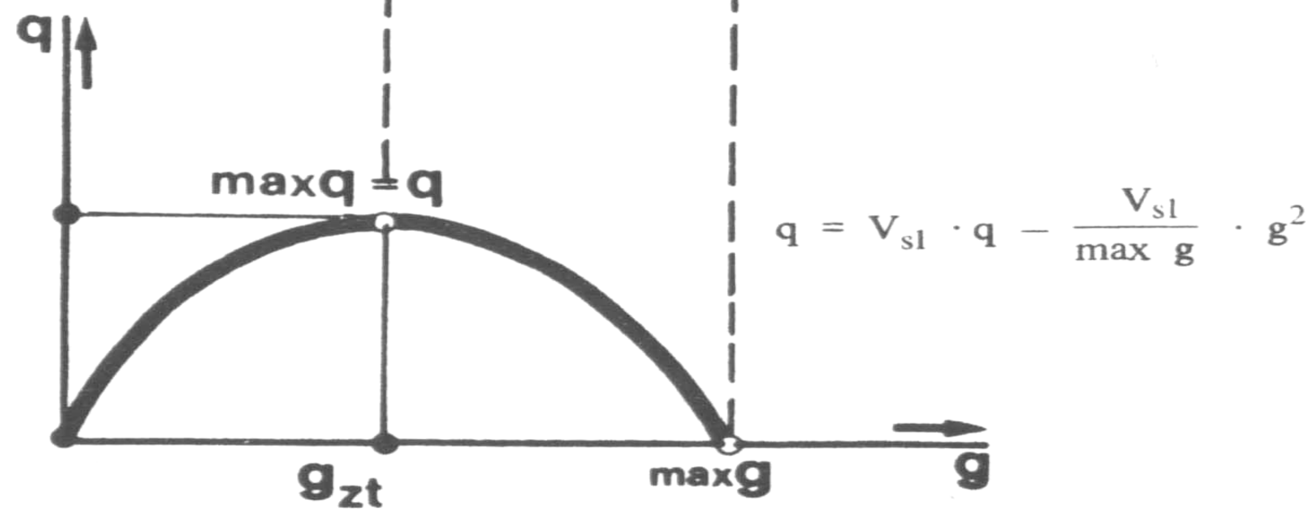
Dobija se : $\max g – 2 \max g \cdot V_s/V_{sl} = 0$ → $\mathbf{V_{zt} = ½ \cdot V_{sl}}$

Konačno, vrednost max q = c dobija se kada se zameni V_{zt} i g_{zt} u

$q= V_s \cdot g$, što iznosi: $\mathbf{\max q = ¼ \max g \cdot V_{sl}}$



V_s
V_{sl}
V_{zt}
$V_s = V_{sl} - \frac{V_{sl}}{\max g} \cdot g$
g_{zt}
max g
g



q
max q = q
$q = V_{sl} \cdot q - \frac{V_{sl}}{\max g} \cdot g^2$
g_{zt}
max g
g

Model "tok-gustina" zasnovan na logaritamskoj zavisnosti Vs i g

Po ovom modelu, **Vs** zavisi od g na sledeći način:

$$V_s = V_{zt} \cdot \ln(\max g/g)$$

Ako ovaj izraz zamenimo u relaciju $q = g \cdot V_s$, dobijamo:

$$q = g \cdot V_{zt} \cdot \ln(\max g/g)$$

Zavisnost gustine od brzine može se izraziti i kao:

$$g = D \cdot e^{b\,Vs}$$

Gde je:

$D = \max g$ $\quad$ $b = -1/V_{zt}$

Model "tok-gustina" zasnovan na eksponencijalnoj zavisnosti Vs-g

Ovaj model se dobija korišćenjem eksponencijalne relacije brzina-gustina u formuli $q = g \cdot V_s$.

Tako dobijamo zavisnost tok – gustina u sledećem obliku:

$$q = g \cdot V_{sl} \cdot e^{-(g/gzt)}$$

Za $g = g_{zt}$ dobijamo vrednosti V_{zt}, kao i maksimalni protok, max q:

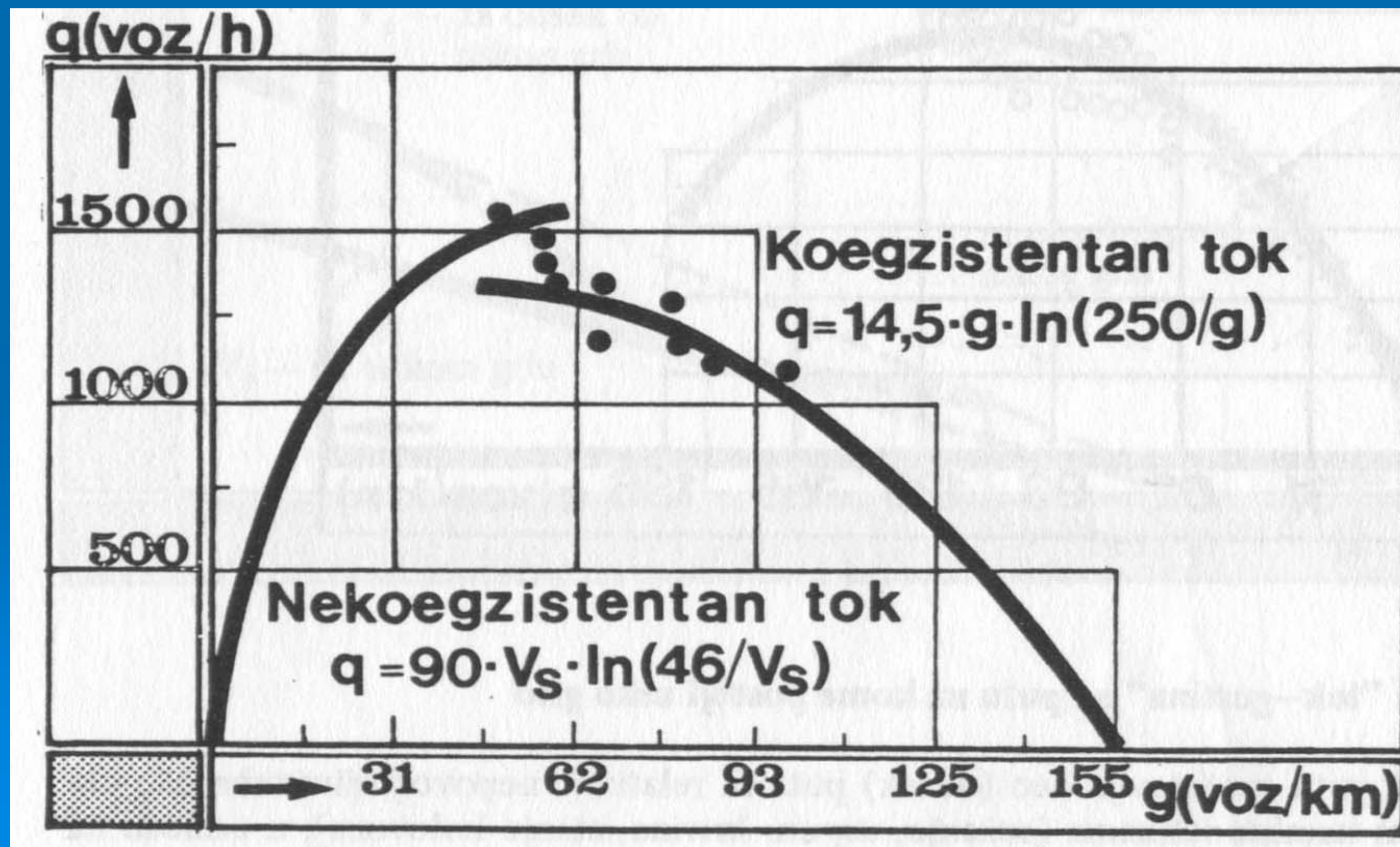
$$V_{zt}=V_{sl}/e$$

$$\max q = g_{zt} \cdot V_{sl}/e$$

Dvorežimski model "tok-gustina"

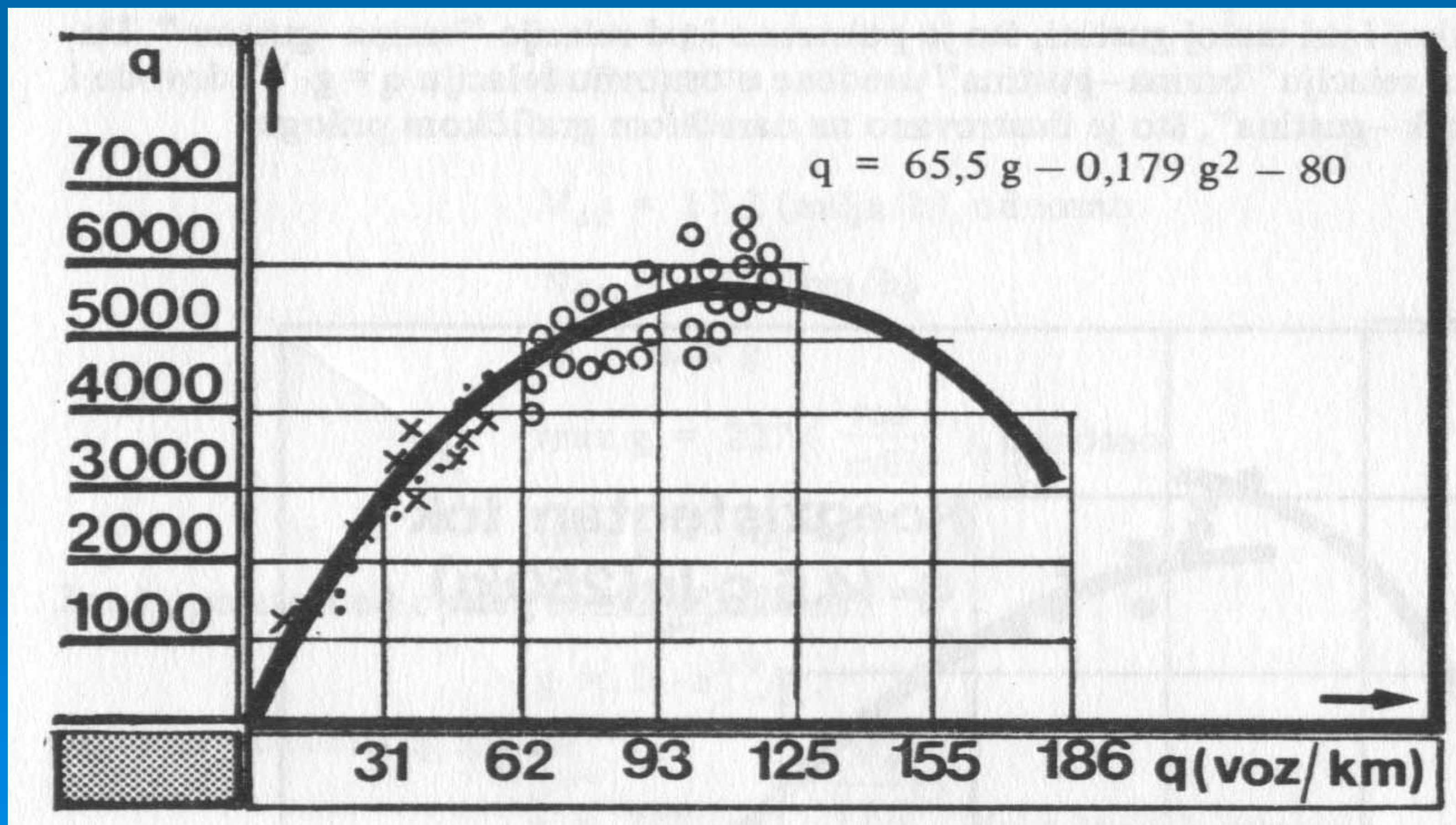
Pri analizi relacije brzina-gustina, pokazano je da se saobraćajni tok ne ponaša isto pri malim i pri velikim brzinama.

Ako dve krive za relaciju brzina-gustina zamenimo u relaciju $q = g \cdot V_s$, dobiće se dve krive tok gustina.



Specijalni model “tok-gustina”

Ovaj model tok-gustina se odnosi na posmatranje celokupnog toka na svim voznim trakama posmatranog odseka



Model "tok-gustina" na putu sa uskim grlom

Usko grlo je odsek puta na kome postoje relativno nepovoljne tehničko-eksploatacione karakteristike u u odnosu na ostale delove puta, ispred i iza.

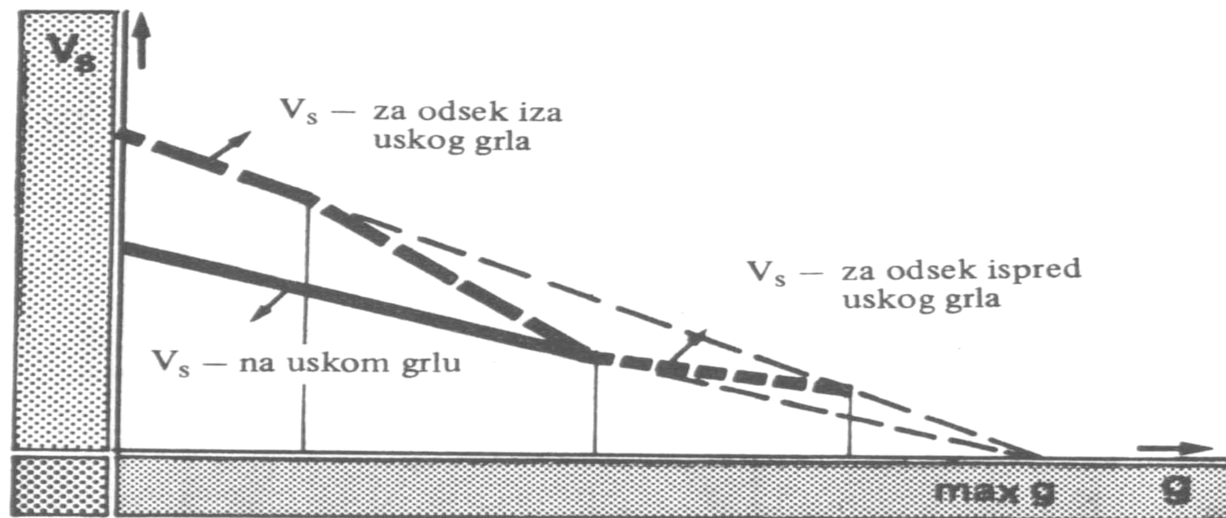
UZROČNICI NASTANKA USKOG GRLA

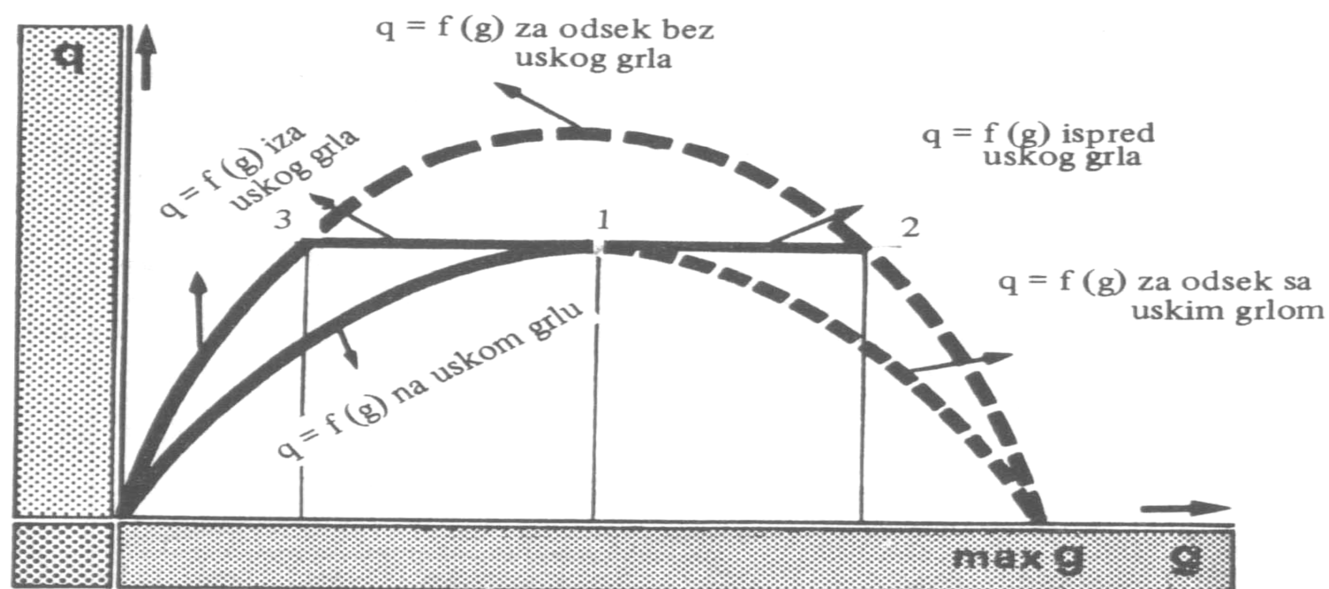
•povećani priliv vozila

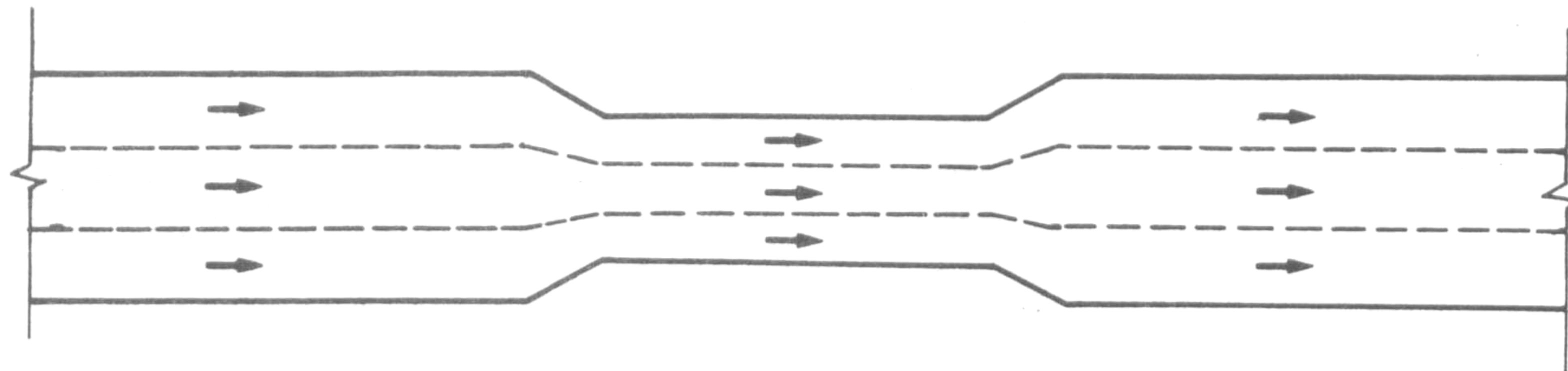
•Pogoršanje tehničko eksploatacinih karakteristika puta

Zbog toga dolazi do pogoršanja osnovnih parametara saobraćajnog toka, tj. smanjuje se brzina i maksimalni protok

Međuzavisnosti između parametara saobraćajnog toka na kome postoji usko grlo, dati su na dijagramima "Vs-g" i "q-g"


Vs
Vs — za odsek iza uskog grla
Vs — za odsek ispred uskog grla
Vs — na uskom grlu
max g
g


q
q = f (g) za odsek bez uskog grla
q = f (g) iza uskog grla
q = f (g) ispred uskog grla
3
1
2
q = f (g) za odsek sa uskim grlom
q = f (g) na uskom grlu
max g
g



USKO GRLO

2000
1500
1000
500
0
BRZINA
70 60 50 40 30 20 10 5
ZONA FORSIRANOG TOKA
50 100 GUSTINA

BRZINA
30 20 10 5
ZONA NESTABILNOG TOKA
50 100 GUSTINA

BRZINA
70 60 50 40 30 20 10 5
ZONA NORMALNOG TOKA
50 100 GUSTINA

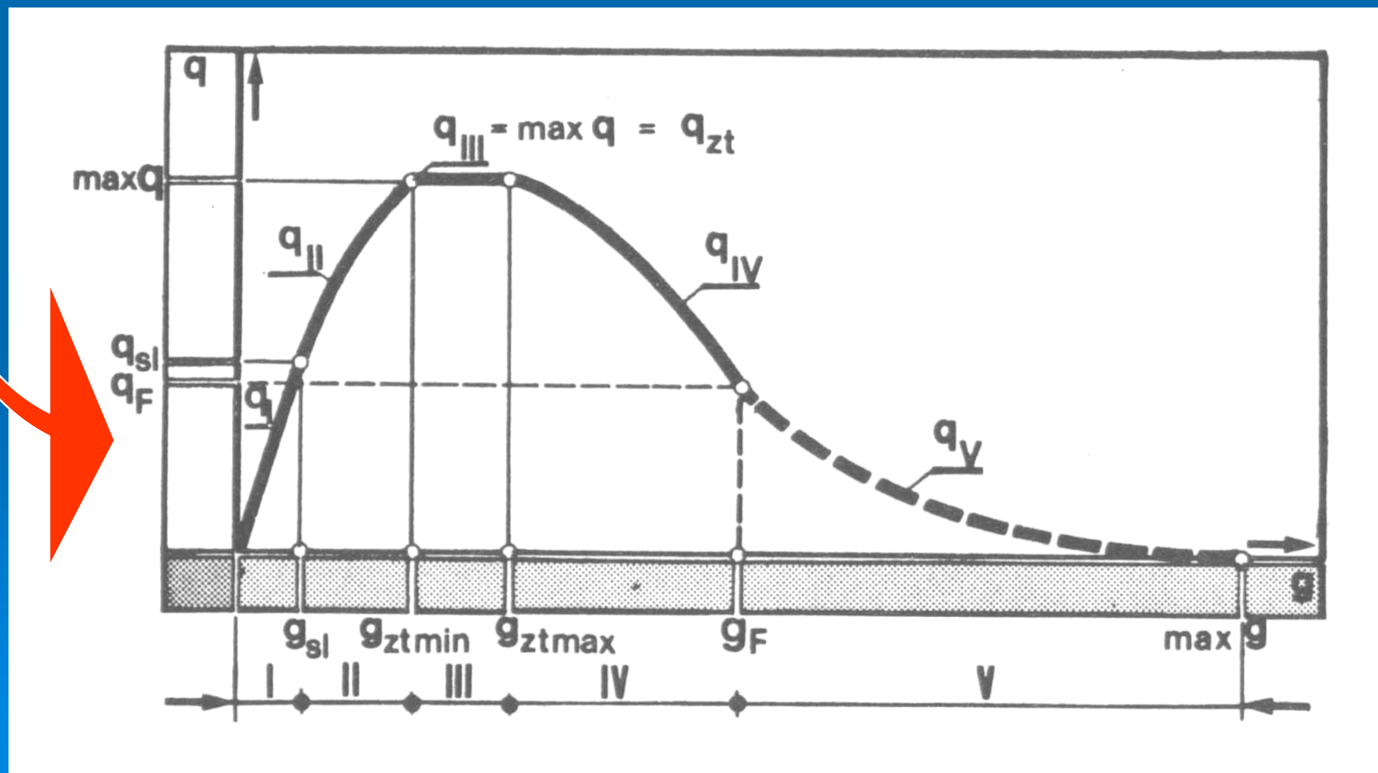
Hipotetički petorežimski model "tok-gustina"

Po ovom modelu postoji pet režima saobraćajnog toka

I režim: slobodan tok.

Linearna zavisnost protoka od gustine

Važe sledeće relacije: $q_1 = g_1 \cdot V_{sl}$ $V_{sl} = V_{S(sl)}$ $0<g<g_{sl}$



II režim: normalan tok

Važe sledeće relacije:

$q_{II} = g_{II} \cdot V_{sII}$ $g_{sI} < g_{II} < g_{zt\,min}$

$V_{sII} = V_s(g)$ → $\mathbf{q = V_s(g) \cdot g}$

Vlada parabolična zavisnost protoka od brzine.

III režim: zasićeni tok

U ovom režimu protok je maksimalan i on teži da se održi u intervalu gustine $g_{ztmn} < g_{III} < g_{ztmax}$ i intervalu brzine $V_{ztmin} > V_{sIII} > V_{ztmax}$.

Sledi da je:

max $q = V_{ztmax} \cdot q_{ztmin}$ ili max $q = V_{ztmin} \cdot g_{ztmax}$ ili pak: max $q = V_{zt} \cdot g_{zt}$.

Okvirne vrednosti parametara saobraćajnog toka su:

$34 < g_{III} < 40$ (voz/km)

$65 > V_{sIII} > 55$ (km/h)

q_{zt} = max q = 2200 (voz/h)

IV režim: forsiran tok

Gustina toka je u ovom režimu iznad optimalne vrednosti, pa dolazi do opadanja brzine toka i do pojave udarnih talasa.

$q_{IV} = V_s(g) \cdot g; \quad g_{ztmax} < g_{IV} < g_F; \quad V_{ztmin} > V_{sIV} > V_F$

Okvirne vrednosti parametara saobraćajnog toka su:

$40 < g_{IV} < 80; \quad 55 > V_{sIV} > 10; \quad 2200 > q_{IV} > 800$

V režim: prekid toka

U ovom režimu praktično prestaje da postoji neprekinuti tok.

Vrednost max. gustine : $\approx 1.5\ g_F$, tj. **max g ≈ 120 (voz/km).**

Vrednost brzine je **$20(10) > V_V > 0$**

Vrednost protoka je **$800 > q_V > 0$**